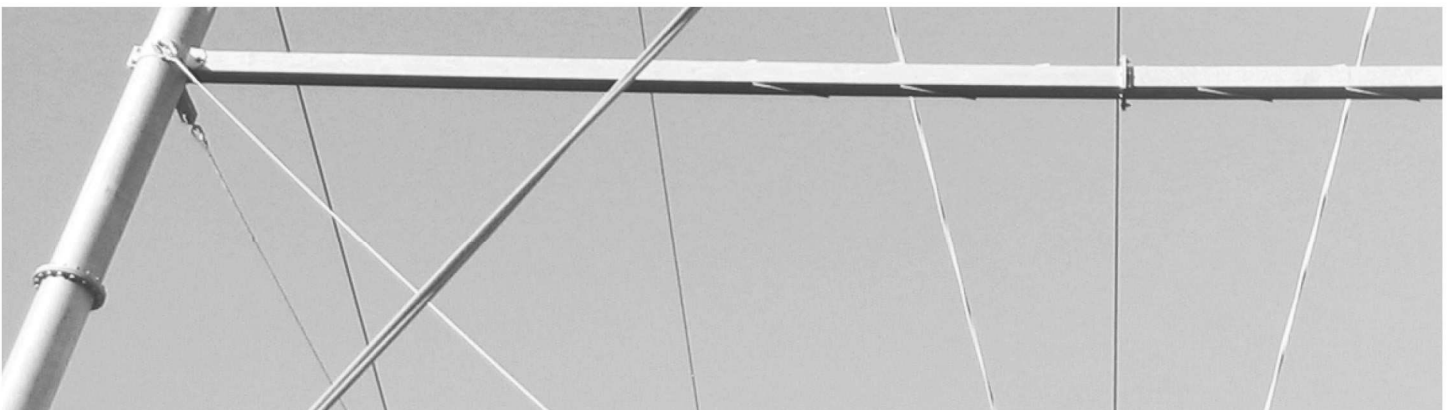




RAFSEGULSVIÐ OG HLJÓÐ FRÁ ÍSALLÍNUM 3 OG 4

Niðurstöður útreikninga

15.02.2024



SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ**SKJALALYKILL**

102346-SKY-001-v03

SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

01 / 32

VERKEFNISSTJÓRI / FULLTRÚI VERKKAUÐA

Anna Sigga Lúðvíksdóttir

VERKEFNISSTJÓRI EFLA

Egill Þorsteins

LYKILORÐ

Rafsvið, segulsvið, rafsegulsvið, hljóð, útreikningar, Hamranes, Hraunhella, IS3, IS4, SN1, SN2.

STAÐA SKÝRSLU

- ☐ Drög
☐ Drög til yfirlstrar
☒ Lokið

DREIFING

- ☐ Opin
☒ Dreifing með leyfi verkkaupa
☐ Trúnaðarmál

TITILL SKÝRSLU

Rafsegulsvið og hljóð frá Ísallinum 3 og 4

VERKHEITI

Ísallínur 3 og 4

VERKKAUÐI

Landsnet

HÖFUNDUR

Eggert Þorgrímsson

ÚTDRÁTTUR

Skýrsla þessi fjallar um rafsegulsvið og hljóð frá Ísallinum 3 og 4 sem munu liggja á milli tengivirkisins Hamranesi og álversins í Straumsvík. Fjallað er almennt um rafsegulsvið og hljóð frá háspennulínunum og jarðstrengjum og settar fram niðurstöður útreikninga fyrir línugötu Ísallína 3 og 4. Niðurstöðurnar sýna að rafsvið, segulsvið og hávaði eru innan marka í allri línugötunni.

ÚTGÁFUSAGA

NR.	HÖFUNDUR	DAGS.	RÝNT	DAGS.	SAMÞYKKT	DAGS.
01	Eggert Þorgrímsson	24.05.23	Egill Þorsteins	26.05.23		
	Skýrsla löguð að breyttri hönnun og forsendum					
02	Eggert Þorgrímsson	29.01.24	Egill Þorsteins	29.01.24		
	Bætt við valkosti með IS3 sem jarðstreng, stöguð stálröramöstur fjarlægð og útreikningar lagaðir að nánari útfærslu línanna					
03	Eggert Þorgrímsson	14.02.24	Egill Þorsteins	15.02.24		
	Bætt aftur inn valkosti með stöguðum stálröramöstrum					

EFNISYFIRLIT

MYNDASKRÁ	6
TÖFLUSKRÁ	6
1 INNGANGUR	7
1.1 Línugatan	7
1.2 Valkostur 1 - Stöguð stálramöstur	8
1.3 Valkostur 2 - Eimpóla möstur	8
1.4 Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur	9
1.5 Rafsvið og segulsvið	10
1.6 Hljóð	10
2 RAFSVIÐ OG SEGULSVIÐ	11
2.1 Almennt	11
2.2 Rafsegulsvið og heilsa	12
2.3 Viðmiðunargildi um leyfilegan styrk rafsegulsviðs	13
2.4 Rafsegulsvið frá loftlínunum	14
2.5 Rafsegulsvið frá jarðstrengjum	15
2.6 Túlkun á kröfum	15
3 HLJÓÐ	16
3.1 Almennt	16
3.2 Vindgnauð	16
3.3 Hávaði af rafrænum uppruna	17
4 FORSENDUR ÚTREIKNINGA	19
4.1 Almennt	19
4.2 Rafsegulsvið	20
4.3 Hljóð	20
5 NIÐURSTÖÐUR RAFSEGULSVIÐSÚTREIKNINGA	21
5.1 Valkostur 1 - Stöguð stálramöstur	21
5.1.1 Rafsvið	21
5.1.2 Segulsvið á kaflanum frá Hamranesi að Hraunhelli	22
5.1.3 Segulsvið á kaflanum frá Hraunhelli að álverinu.	22
5.2 Valkostur 2 - Eimpóla möstur	23
5.2.1 Rafsvið	23
5.2.2 Segulsvið á kaflanum frá Hamranesi að Hraunhelli	24
5.2.3 Segulsvið á kaflanum frá Hraunhelli að álverinu	24
5.3 Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur	25
5.3.1 Rafsvið	25
5.3.2 Segulsvið á kaflanum frá Hamranesi að Hraunhelli	26
5.3.3 Segulsvið á kaflanum frá Hraunhelli að álverinu	26
6 NIÐURSTÖÐUR HLJÓÐÚTREIKNINGA	28
6.1 Valkostur 1 - Stöguð stálramöstur	28
6.2 Valkostur 2 - Eimpóla möstur	28
6.3 Valkostur 3 - IS3 sem jarðstrengur	29
6.4 Við Hamranes	30
7 NIÐURSTÖÐUR	31
HEIMILDASKRÁ	32

MYNDASKRÁ

MYND 1	Línugata IS3 og IS4	7
MYND 2	Þversnið línugötunnar á kaflanum á milli Hamraness og Hraunhelli, Valkostur 1 - stöguð stálröramöstur	8
MYND 3	Þversnið línugötunnar á kaflanum á milli Hamraness og Hraunhelli, Valkostur 2 - einpóla möstur	9
MYND 4	Þversnið línugötunnar á kaflanum á milli Hamraness og Hraunhelli, Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur	9
MYND 5	Þversnið útreiknaðs rafsviðs í línugötunni, Valkostur 1 - stöguð stálröramöstur	21
MYND 6	Hámark útreiknaðs segulsviðs í línugötunni á milli Hamraness og Hraunhelli, Valkostur 1 - stöguð stálröramöstur	22
MYND 7	Hámark útreiknaðs segulsviðs í línugötunni á milli Hraunhelli og álversins, Valkostur 1 - stöguð stálröramöstur	23
MYND 8	Þversnið útreiknaðs rafsviðs í línugötunni, Valkostur 2 - einpóla möstur	23
MYND 9	Hámark útreiknaðs segulsviðs í línugötunni á milli Hamraness og Hraunhelli, Valkostur 2 - einpóla möstur	24
MYND 10	Hámark útreiknaðs segulsviðs í línugötunni á milli Hraunhelli og álversins, Valkostur 2 - einpóla möstur	25
MYND 11	Þversnið útreiknaðs rafsviðs í línugötunni, Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur	25
MYND 12	Hámark útreiknaðs segulsviðs í línugötunni á milli Hamraness og Hraunhelli, Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur	26
MYND 13	Hámark útreiknaðs segulsviðs í línugötunni á milli Hraunhelli og álversins, Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur	27
MYND 14	Útreiknaður hávaði í línugötunni, Valkostur 1- stöguð stálröramöstur	28
MYND 15	Útreiknaður hávaði í línugötunni, Valkostur 2 - einpóla möstur	29
MYND 16	Útreiknaður hávaði í línugötunni, Valkostur 3 - IS3 sem jarðstrengur	29
MYND 17	Hávaði í grennd við tengivirkið Hamranesi í dag	30

TÖFLUSKRÁ

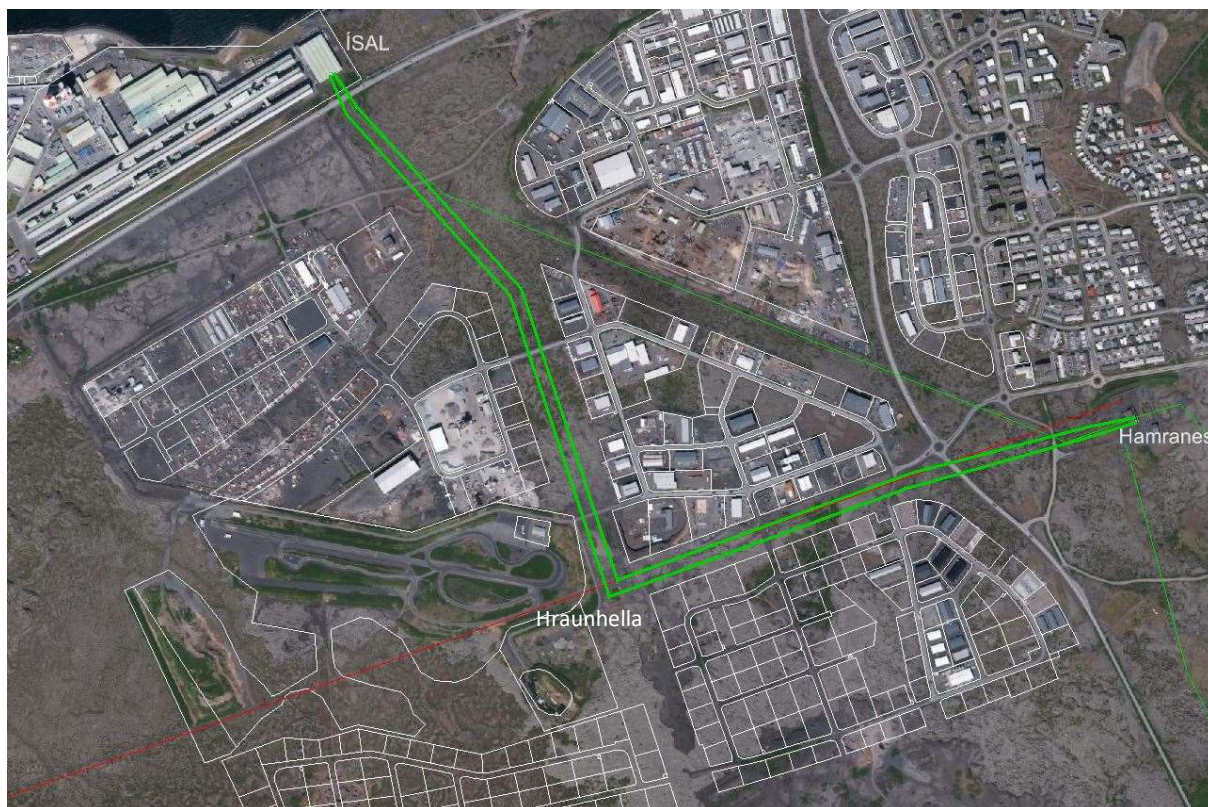
TAFLA 1	Hljóð í umhverfi mannsins (Randall McMullan 1991)	10
TAFLA 2	Styrkur segulsvið frá nokkrum algengum tækjum og háspennulínunum	11
TAFLA 3	Helstu reglugerðir og tilmæli um leyfilegan styrk rafsegulsviðs	13
TAFLA 4	Samanburður á viðmiðunarmörkum tilmæla um leyfilegan styrk rafsegulsviðs gagnvart almenningi (50 Hz)	13
TAFLA 5	Viðmiðunarmörk fyrir hávaða frá atvinnustarfsemi (Reglugerð um hávaða, B nr. 724 2008)	16
TAFLA 6	Málgildi flutningslínanna	19
TAFLA 7	Forsendur IS3&4 loftlína sem miðað var við í útreikningum hér	19
TAFLA 8	Forsendur SN2, SN1 og IS3 jarðstrengjanna sem miðað var við í útreikningum	20
TAFLA 9	Samanburður hæstu útreiknuðu gilda fyrir valkostina þrjá	31

1 INNGANGUR

1.1 Línugatan

Í þessari greinargerð eru skoðuð umhverfisáhrif af rafrænum uppruna frá 220 kV Ísallínum 3 og 4 (IS3 og IS4) sem liggja munu frá tengivirkinu Hamranesi að álverinu í Straumsvík. Þessi áhrif eru rafsegulsvið sem skiptist í rafsvið og segulsvið en einnig getur verið um að ræða hljóð.

Skipta má línugötunni í tvo kafla, annars vegar á milli Hamraness og Hraunhelli og hins vegar á milli Hraunhelli og álversins eins og sýnt er á mynd 1.



MYND 1 Línugata IS3 og IS4

Á fyrri kafla línugötunnar sem er um 1,5 km langur, það er frá tengivirkinu við Hamranes að Hraunhelli, munu línurnar liggja samsíða fyrirhuguðum jarðstrengjum Suðurnesjalínu 1 (SN1) og Suðurnesjalínu 2 (SN2) í línugötu núverandi SN1, sem merkt er með rauðri línu á mynd 1. SN1 verður sett í jörðu á þessum kafla. Á tæplega 300 m kafla næst Hamranesi mun ysti leiðari línanna liggja í um 120 m fjarlægð frá næsta íbúðarhúsi. Á þeim hluta fyrri kaflans sem eftir er liggja línurnar í gegnum iðnaðarhverfi norðan línugötunnar og annað iðnaðarhverfi er í byggingu sunnan hennar. Næstu byggingar í iðnaðarhverfinu verða í um 40 m fjarlægð frá ysta leiðara loftlínanna.

Á seinni kafla línugötunnar sem er um 1,6 km langur, það er frá Hraunhelli að álverinu, munu línurnar liggja einar sér. Á þessum kafla er atvinnuhúsnæði sitthvoru megin við línugötuna og von á frekari iðnaðaruppbyggingu. Línurnar þvera svo Reykjanesbrautina næst álverinu

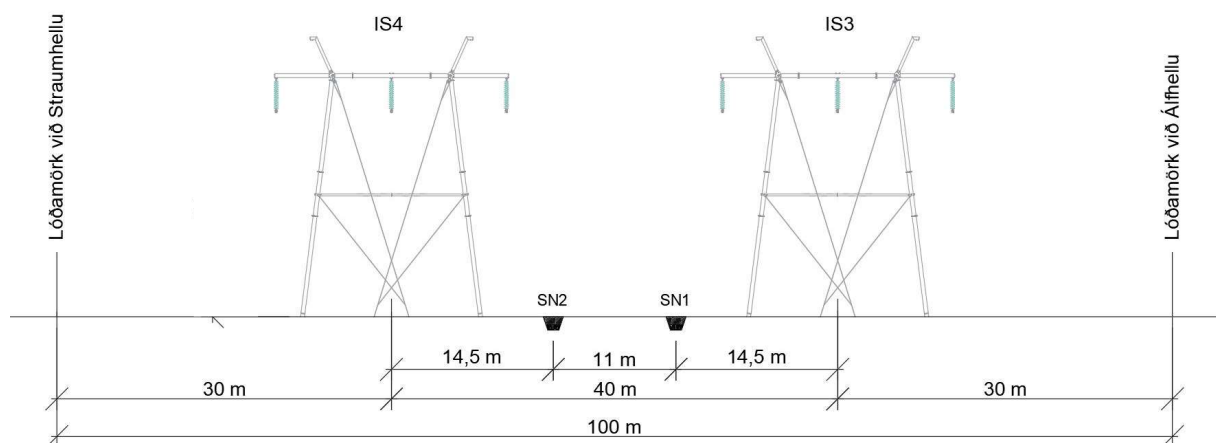
Í þessari skýrslu eru skoðuð rafsvið, segulsvið og hljóð sem berast frá línunum í línugötunni. Til eru alþjóðlegar viðmiðunarreglur um rafsvið og segulsvið, en mörk fyrir hávaða eru skilgreind í íslenskri reglugerð um hávaða.

Skoðaðir eru þrír valkostir:

1. Hvor lína fyrir sig á stöguðum stálröramöstrum með leiðara í láréttri uppröðun (í láréttu plani).
2. Hvor lína fyrir sig á frístandandi röri (einpóla möstur) með leiðara í lóðréttri þríhyrnings uppröðun, tveir öðru megin við rörið og einn hinu megin.
3. IS3 sem jarðstrengur og IS4 sem loftlína á einpóla mastri, líkt og í valkosti 2.

1.2 Valkostur 1 - Stöguð stálröramöstur

Þversnið línugötunnar fyrir stöguð stálröramöstur á kaflanum frá Hamranesi að Hraunhelli er sýnt á mynd 2. Eins og fram hefur komið munu jarðstrengirnir SN1 og SN2 liggja samsíða IS3 og IS4 á þeim kafla. Hér er miðað við að strengirnir liggi á milli loftlínanna með um 11 m á milli (miðja í miðju).

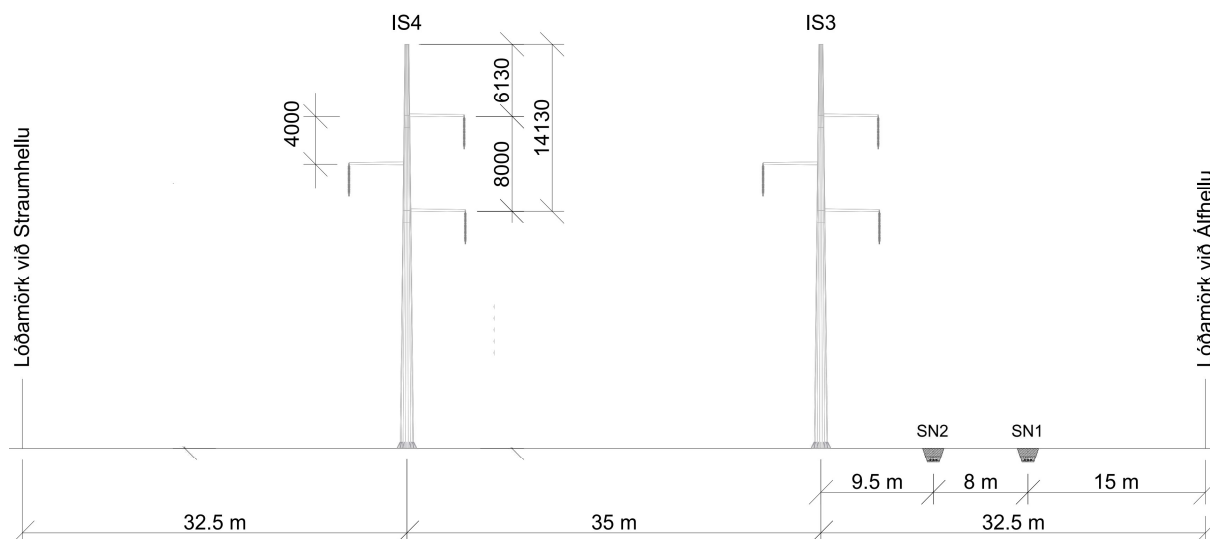


MYND 2 Þversnið línugötunnar á kaflanum á milli Hamraness og Hraunhelli, Valkostur 1 - stöguð stálröramöstur

Þversnið línugötunnar fyrir stöguð stálröramöstur á kaflanum á milli Hraunhelli og álversins er fyrirhugað eins og á mynd 2 fyrir utan að þar eru engir jarðstrengir.

1.3 Valkostur 2 - Einpóla möstur

Þversnið línugötunnar fyrir einpóla möstur á kaflanum frá Hamranesi að Hraunhelli er sýnt á mynd 3. Hér er miðað við að jarðstrengirnir verði í jaðri línugötunnar, það er á milli IS3 og Álfhelli.

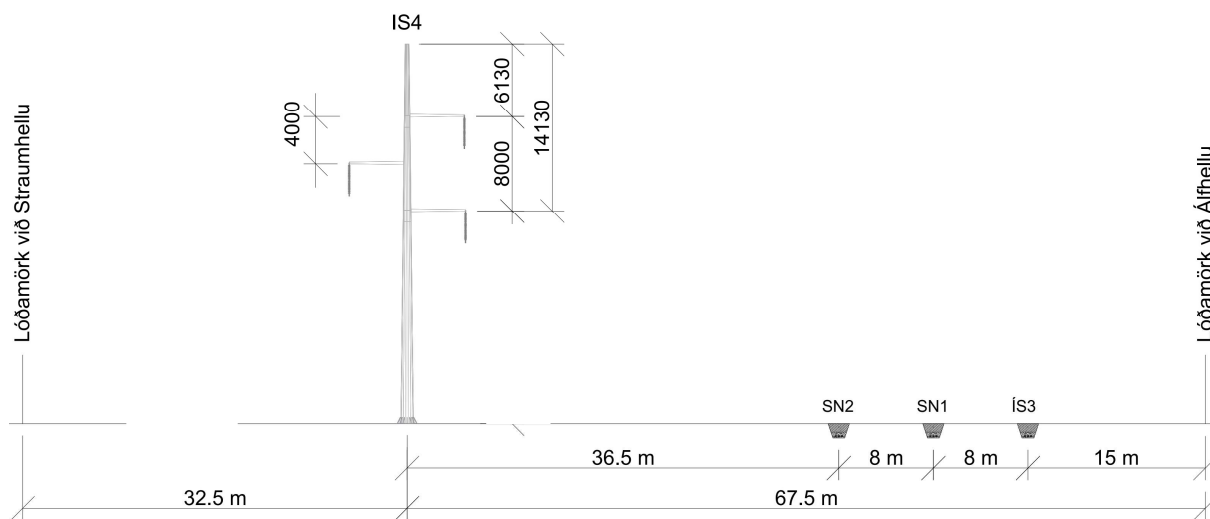


MYND 3 Þversnið línugötunnar á kaflanum á milli Hamraness og Hraunhelli, Valkostur 2 - einpóla möstur

Þversnið línugötunnar fyrir einpóla möstur á kaflanum á milli Hraunhelli og álversins er fyrirhugað eins og á mynd 3 fyrir utan að þar eru engir jarðstrengir.

1.4 Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur

Þversnið línugötunnar með IS3 sem jarðstreng á kaflanum frá Hamranesi að Hraunhelli er sýnt á mynd 4.



MYND 4 Þversnið línugötunnar á kaflanum á milli Hamraness og Hraunhelli, Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur

Þversnið línugötunnar á kaflanum á milli Hraunhelli og álversins er fyrirhugað eins og á mynd 4 fyrir utan að IS3 liggur þar sem SN2 er sýnd á myndinni og SN1 og SN2 falla niður.

1.5 Rafsvið og segulsvið

Meðalgildi rafsviðs milli tveggja hluta, t.d. milli leiðara háspennulínu og jarðar, má reikna með því að deila með fjarlægðinni (í metrum) upp í spennumuninn á milli hlutanna (í voltum). Rafsvið er þannig háð spennumun á milli hluta og fjarlægðinni á milli þeirra en er óháð straumnum í leiðurunum.

Í jarðstreng er málmskermur sem kemur í veg fyrir að rafsvið frá innsta leiðaranum fari út fyrir strenginn. Rafsvið jarðstrengs er því aðeins á milli leiðara strengsins og skermis hans. Frá jarðstrengslögn kemur því ekkert rafsvið.

Segulsvið myndast í kringum leiðara þegar um þá fer straumur. Styrkur segulsviðsins er eingöngu háður straumnum (mældum í Amperum) og er óháður spennu leiðarans.

Ólíkt rafsviði nær segulsvið jarðstrengs út fyrir jarðstrenginn þar sem erfitt er að skerma fyrir segulsviði.

Fjallað verður nánar um rafsvið og segulsvið í kafla 2, meðal annars tilgreindar alþjóðlegar viðmiðanir um hámarksstyrk.

1.6 Hljóð

Hávaði hefur verið skilgreindur sem óæskilegt hljóð. Hljóð í umhverfi hinnar fyrirhuguðu línugötu á milli Hamraness og álversins er í dag af ýmsum toga, mest er það þó hljóð eða hávaði vegna ýmissa umsvifa mannsins, t.d. frá bílaumferð og atvinnustarfsemi. Til viðbótar við þessi hljóð bætist hljóð frá háspennulínunum, oftast nær veikt en stöku sinnum hávaði. Ástæðurnar fyrir hljóðum frá háspennulínunum eru tvennskonar, annars vegar vindgnauð og hins vegar af rafrænum uppruna.

Í töflu 1 eru sýnd dæmigerð gildi fyrir hljóð og hávaða í umhverfi mannsins. Þess skal getið að maðurinn skynjar aukningu í hljóðstigi um 10 dB sem tvöföldun hljóðs eða hávaða, en á hinn bóginn tvöfaldast orka hljóðs við 3 dB aukningu hljóðstigs og hætta á skaða fylgir orkuaukningu frekar en skynjun okkar á hávaðaaukningunni.

TAFLA 1 Hljóð í umhverfi mannsins (Randall McMullan 1991)

Hljóðstig í desibelum [dB]	Dæmi um hljóð	Dæmi um hávaða
140		Sársaukamörk
120		Óþægindamörk
100		Loftpressa
80		Mikil umferð
60	Samræður	
40	Stofa	
20	Lágvært sveitaumhverfi	
0	Mörk skynjunar	

Ekkert hljóð kemur frá jarðstrengjum.

Fjallað verður nánar um hljóð í kafla 3, þar með talið leyfileg gildi fyrir háspennulínur.

2 RAFSVIÐ OG SEGULSVIÐ

2.1 Almennt

Í rafmagnsfræðum er oft talað um rafsegulsvið sem eitt svið. Rafsegulbylgjur spanna hins vegar vítt tíðniróf og verður hér aðeins fjallað um svokallaðar lágtíðni rafsegulbylgjur, þ.e. rafsegulbylgjur af svipaðri tíðni og riðstraumur sem notaður er í orkukerfum, 50 rið (Hz) í Evrópu en 60 Hz í Bandaríkjunum (á ensku er talað um ELF eða Extremely Low Frequency).

Undir þessum kringumstæðum er hægt að tala um tvö óháð svið, rafsvið og segulsvið. Rafsvið er mælt í V/m (volt á metra) eða kV/m (þúsund volt á metra) og segulsvið er mælt í einingunum tesla (T), gauss (G) eða A/m (amper á metra). Hér verður einingin Tesla notuð, eða öllu heldur míkrotesla (μT ; $1 \mu\text{T} = 1/1.000.000$ úr tesla = $0,01 \text{ G} = 10 \text{ mG} = 0,7957747 \text{ A/m}$, í lofti) í samræmi við venjur í Evrópu.

Rafsvið er háð spennunum á milli hluta og óháð straumnum. Styrkur segulsviðs er hins vegar háður straumnum og óháður spennunni.

Maðurinn lifir og hrærist í segulsviði jarðar og þó að það sé í stórum dráttum fast og óumbreytanlegt þá eru í því daglegar sveiflur (fyrir utan langtímasveiflur) sem stafa m.a. af sólgosum og norðurljósum. Breytilegt segulsvið eða hreyfing í föstu segulsviði veldur rafstraumum. Umhverfis öll rafmagnstæki, hvort sem eru á heimilum, í raforkuverum eða flutningsvirkjum raforku, má búast við rafsegulsviði, missterku eftir efnum og aðstæðum. Til að gefa einhverja viðmiðun um styrk segulsviðs er í töflu 2 sýnt segulsvið frá ýmsum algengum heimilistækjum auk háspennulína og til samanburðar er sýnt segulsvið jarðar. Fyrir tækin er gefið segulsvið í dæmigerðri fjarlægð miðað við notkun þeirra.

Sú orka eða geislun sem fylgir lágtíðni rafsegulsviði eins og hér er til umræðu hefur ekki næga orku til að kljúfa frumefni eða efnasambönd og er því sögð ójónandi eða ekki-jónandi geislun, til aðgreiningar frá hinni hættulegu hátíðni jónandi geislun, eins og t.d. röntgengeislun.

TAFLA 2 Styrkur segulsvið frá nokkrum algengum tækjum og háspennulínum

Hlutur	Fjarlægð (m)	Segulsvið í MíkróTesla (μT)
Rafmagnsofnar (eldavélar)	0,3	0,15 – 0,5
Örbylgjuofnar	0,3	4 – 8
Kaffivélar	0,3	0,08 – 0,15
Matvinnsluvélar	0,3	0,6 – 10
Ryksugur	1,0	0,13 – 2
Hárþurrkur	0,3	0,01 – 7
Rafmagnsrakvélar	0,1	15 – 1500
Rafhitastrengir í gólfi	0,1	0,2 – 3
Vatnsrúm með rafmagnshitun	0,1	0,04 – 2,5
GSM símar	0,01	2-20
Segulsvið jarðar		50
Daglegar sveiflur við yfirborð jarðar		+/- 1

2.2 Rafsegulsvið og heilsa

Umræður um áhrif rafsegulsviðs á lífverur hafa verið talsverðar á undanförunum áratugum og gerðar hafa verið rannsóknir víða um lönd. Rannsókuð hafa verið áhrif rafsegulsviðs á krabbamein, þ.e. hvort dvöl í rafsegulsviði auki líkur á krabbameini. Þessar rannsóknir hafa bæði verið faraldsfræðilegs eðlis og einnig beinst að áhrifum raf- og segulsviðs á lifandi frumur, það er lífeðlisfræðilegar rannsóknir. Í faraldsfræðilegum rannsóknum er kannað með tölfræðilegum hætti, eftir rannsóknir á fjölda tilfella, hvort þeir sem verða fyrir meira rafsegulsviði en aðrir eigi fremur von á því að fá krabbamein. Samsvarandi faraldsfræðilegar athuganir hafa m.a. sýnt fram á með óbyggjandi hætti að samband sé á milli reykinga og lungnakrabbá. Í lífeðlisfræðilegum rannsóknum er reynt að finna á hvern hátt rafsegulsvið geti breytt eðlilegum frumum í krabbameinsfrumur. [2]

Þeir sjúkdómar sem hér er um að ræða eru mjög fátíðir og fjöldi tilfella því lítil, jafnvel hjá milljóna-þjóðum. Margar rannsóknir byggja á mjög fáum sjúkdómstilvikum og því er ekki hægt að fá fram tölfræðilega marktækar niðurstöður þó að sumir rannsóknaraðilar telji sig merkja einhverjar vísbendingar. Í því sambandi má einnig geta þess, að sumar athuganir hafa bent til að minni hættu sé á vissum tegundum krabbameina hjá þeim einstaklingum sem hafa að jafnaði viðveru í sterkara segulsviði en aðrir. Almennt virðast sérfræðingar sammála um að ef einhver áhætta sé þarna á ferðinni þá sé hún mjög lítil, a.m.k. í samanburði við aðra þekkta áhættuþætti, t.d. áhrif reykinga á lungnakrabbamein. Ekki hefur heldur tekist að finna á hvaða hátt rafsegulsvið gæti valdið breytingu á erfðaeefni í frumum þannig að heilbrigðar frumur breytist í krabbameinsfrumur. [2]

Bandaríkjaþing setti lög árið 1992 sem skyldaði orkuráðuneyti Bandaríkjanna til að fela vísindaakademíu Bandaríkjanna að rannsaka þessi tengsl raf- og segulsviðs við sjúkdóma. Vísindaakademían skipaði sérfræðinganefnd til að grandskoða fyrirbyggjandi rannsóknir um hugsanleg áhrif á heilsu manna frá raf- og segulsviði. Nefndin starfaði í nærri þrjú ár og fór ofan í kjölinn á 500 rannsóknum sem gerðar höfðu verið frá 1979. Niðurstöður nefndarinnar voru gefnar út af vísindaráði Bandaríkjanna í 356 síðna bók (National Research Council 1997) [1]. Hér á eftir fylgir þýðing á hluta af niðurstöðunum í ágripi bókarinnar:

„Það er niðurstaða nefndarinnar að fyrirbyggjandi rannsóknir sýni að áreiti frá raf- og segulsviði ógni ekki heilsufari manna. Sérstaklega er tekið fram að enginn fullnægjandi (og samstæður) vitnisburður gefi tilefni til að ætla að áreiti frá raf- og segulsviði valdi krabbameini, eða hafi áhrif á sálarlíf einstaklinga, taugaboð, æxlun þeirra eða þroska. Þessi niðurstaða er byggð á ítarlegri greiningu rannsókna á áhrifum raf- og segulsviða (sem hafa lága tíðni) á frumur, vefi og lífverur, þar á meðal menn.“

Alþjóða heilbrigðisstofnun (WHO) setti af stað verkefni árið 1996 sem kallaðist „The International EMF Project“. Verkefnið hefur þann tilgang að safna saman þeirri þekkingu sem er til staðar og að nýta það bolmagn sem er í alþjóðlegum lykilstofnunum, stofnunum einstakra landa og rannsóknarstofnunum. Á sviði líffræði og læknisfræði hafa á síðustu 30 árum birst um 25 þúsund greinar um efnið. Þrátt fyrir að sumum þyki að fleiri rannsókna sé þörf þá er meiri þekking á þessu málefni en til dæmis um flest kemísk efni. Byggt á nýlegri umfangsmikilli rýni („in-depth review“), hefur WHO ályktað að þekkt gögn staðfesti ekki tilvist heilsufræðilegra afleiðinga af því að vera útsettur fyrir rafsegulbylgjum af lágum styrk [2]. Samt sem áður eru göt í þekkingu á líffræðilegum áhrifum og frekari rannsókna er þörf.

2.3 Viðmiðunargildi um leyfilegan styrk rafsegulsviðs

Vegna þess að ekki hefur verið hægt að sýna fram á með ótvíræðum hætti að samband sé á milli rafsegulsviðs og heilsufars manna, voru yfirvöld víðast hvar lengi vel treg til að setja fram viðmiðunarreglur um leyfilegan styrk raf- og segulsviðs. Þó var oft beitt varúðarreglu við lagningu nýrra orkuflutningslína, þ.e. reynt að staðsetja þær þannig að þær væru ekki of nálægt byggingum eins og barnaheimilum og barnaskólum, ef því var við komið án mikils aukakostnaðar.

Alþjóðleg nefnd um varnir gegn ó-jónandi geislum, ICNIRP (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection), setti fram viðmiðunargildi árið 1990 en það var með nýrri útgáfu 1998 sem þær fengu alþjóðlegt vægi [3]. Evrópuráðið setti fram leiðbeinandi viðmiðunargildi árið 1999 [4] sem byggðu á viðmiðunargildum ICNIRP frá 1998. Flestar Evrópuþjóðir tóku upp þessi viðmiðunargildi en mörg lönd settu til viðbótar kröfur um hámarksgildi á meðalsegulsviði yfir árið. Fyrirgreindar reglur fjölluðu einungis um hámarkssvið, en það er mjög breytilegt innan ársins frá flestum háspennuvirkjum. ICNIRP sendi frá sér endurskoðaðar viðmiðunarreglur árið 2010 [5] þar sem hámarksgildi segulsviðs í 50 Hz sviði var hækkað frá 100 í 200 μT . Nokkur lönd hafa tekið upp þetta nýja viðmið um segulsvið, en flest lönd halda sig enn við viðmiðunargildi útgáfunnar frá 1998.

Helstu alþjóðlegar viðmiðunarreglur (tilmæli) sem til eru um leyfilegan styrk rafsegulsviðs eru tilgreindar í töflu 3. Í töflu 4 eru borin saman viðmiðunarmörk tilmælanna um leyfilegan styrk rafsviðs og segulsviðs gagnvart almenningi, en viðmiðunarmörk í vinnuumhverfi eru önnur og hærri.

TAFLA 3 Helstu reglugerðir og tilmæli um leyfilegan styrk rafsegulsviðs

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)	1990	Interim guidelines on the limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields
International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)	1998	ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 400 GHz)
The Council of the European Union	1999	Council recommendation on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)
International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)	2010	ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz - 100 GHz)

TAFLA 4 Samanburður á viðmiðunarmörkum tilmæla um leyfilegan styrk rafsegulsviðs gagnvart almenningi (50 Hz)

Hámarksstyrkur rafsegulsviðs gagnvart almenningi (General Public)				
Aðili	Rafsvið		Segulsvið	
	Stöðug dvöl	Stutt dvöl	Stöðug dvöl	Stutt dvöl
ICNIRP 1990	5 kV/m	10 kV/m	100 μT	1000 μT
ICNIRP 1998	5 kV/m		100 μT	
EU Council 1999	5 kV/m		100 μT	
	Gildir þar sem búast má við að almenningur dveljist í umtalsverðan tíma		Gildir þar sem búast má við að almenningur dveljist í umtalsverðan tíma	
ICNIRP 2010	5 kV/m		200 μT	

Eins og fyrr sagði hafa flestar Evrópuþjóðir tekið upp viðmiðunargildi Evrópuráðsins frá 1999, en engu aðildarríki er skylt að fara eftir tilmælunum. Tilmæli Evrópusambandsins miða að því að vernda heilsu almennings og gilda aðeins á þeim svæðum sem almenningur eyðir umtalsverðum ("significant") tíma, sbr. lið (9) í tilmælunum.

Misjafnt er milli landa hvernig þessar viðmiðunarreglur eru innleiddar. Sum lönd setja reglugerðir sem byggja á tilmælum Evrópuráðsins en önnur fela viðkomandi raforkufyrirtækjum að setja sér reglur. Þá

hafa mörg lönd sett reglur um meðaltal árlegs segulsviðs sem má vera við vegg tiltekinna gerða húsa yfir árið.

Í Reglugerð númer 1290 frá 2015 um háþörf geislunar starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er geislun [9] segir í grein 25:

„Háþörf ójónandi geislunar sem almenningur má verða fyrir vegna starfsemi þar sem slík geislun er notuð skulu vera innan þeirra marka sem skilgreind eru af Alþjóða geislavarnaráðinu fyrir ójónandi geislun á hverjum tíma.“

Miðað við það gilda tilmæli ICNIRP frá 2010 á Íslandi, sjá töflu 4.

Útreikningar á rafsegulsviði frá flutningslínunum eru í dag yfirleitt gerðir fyrir 1 m hæð yfir jörðu, hvort sem er fyrir loftlínur eða jarðstrengi [8]. Sú hæð er skilgreind í bandarískum stöðlum, ANSI/IEEE, en hæðin er ekki skilgreind í öðrum stöðlum, t.d. IEC. Áður fyrr var oft miðað við 1,8 m sem er nálægt því að vera höfuðhæð meðalmanns, en bent hefur verið á að mikilvæg líffæri séu neðar í líkamanum. Munur á sviðsstyrki í líkamanum eftir hæð yfir jörðu getur verið um 10%.

2.4 Rafsegulsvið frá loftlínunum

Flutningsgeta loftlínu (hitaflutningsmörk) er skilgreind sem sá straumur sem fer eftir línunni og veldur því að leiðari er við ákveðið hitastig (hönnunarhitastig) við tilteknar umhverfisaðstæður [11]. Velja má hönnunarhitastig fyrir línu í samræmi við þörf, en þó lægra en það hitastig sem leiðarinn þolir. Við hækkað hönnunarhitastig þarf að auka hæð mastra þar sem leiðari sígur meira eftir því sem hitastig hans hækkar. Hönnunarhitastig lína hér á landi getur verið allt frá 40°C upp í 70-80°C. Leiðara í línunum þarf einnig að velja út frá styrk, t.d. vegna ísingar og vindálags, og því þarf oft að velja sverari leiðara en þörf er á út frá kröfum um flutningsgetu. Þá getur verið nægilegt að miða við lágan leiðarahita sem hönnunarhitastig, t.d. 40°C. Fyrir aðrar línur þar sem krafist er meiri flutningsgetu er miðað við hærri hönnunarhitastig fyrir sams konar leiðara og er þá flutningsgetan meiri. Því geta línur með sömu leiðaragerð haft mismunandi skilgreinda flutningsgetu (hitaflutningsmörk).

Bæði rafsvið og segulsvið er sterkast undir línunum sjálfum en minnkar hratt til beggja hliða. Undir línunum í sléttu landi er það hæst á miðju hafi þar sem leiðarar eru næst jörðu, en lægst við möstur þar sem fjarlægð frá jörðu er mest. Hæð leiðara á hafi milli mastra breytist með hitastigi leiðara en hitastig leiðarans ræðst af töpum í honum sem hita hann upp og kælingu sem er háð útihita og vindi. Því er ekki hægt gefa upp ákveðið fast gildi um hæð leiðara þar sem hann kemur næst jörðu á miðju hafi. Loftlínustaðall EN 50341 skilgreinir minnstu leyfilegu hæð leiðara en í aftaka ísingu má leiðari síga 2 m neðar. Þar sem línur liggja á víðavangi í fjarlægð frá byggingum og vegum er lágmarkshæð undir 220 kV leiðara 7,0 m en 6,2 m fyrir 132 kV. Það er þó aðeins í sérstökum tilvikum sem leiðari er svo lágt yfir jörðu, t.d. ef flutningur eftir línu er nálægt hönnunargildi, útihitastig hátt og logn, eða þá í ísingu.

Útreikningar á rafsegulsviði eru almennt gerðir miðað við línur í sléttu landi. Rafsegulsvið er þá sterkast þar sem leiðarar koma næst jörðu sem er almennt mitt á milli mastra, en lækkar þegar kemur nær möstrunum. Þá dvínar rafsegulsviðið mjög hratt til hliðanna.

Rafsviðsstyrkur loftlínu er eingöngu háður rekstrarspennu línunnar sem er yfirleitt mjög nálægt nafnspennu en segulsviðið er í beinu hlutfalli við strauminn í línunni sem ræðst af álagi hverju sinni

sem getur verið mjög breytilegt. Spennan á línunni hefur engin áhrif á segulsviðið og því getur segulsvið frá línu á 132 kV spennu verið svipað og frá 220 kV línu, þ.e. ef straumurinn í línunum er sá sami.

Í þéttbýlum hlutum Evrópu liggja línur oft um íbúðabyggð og víða er heimilt að háspennulínur liggi yfir íbúðarhúsum. Við slíkar aðstæður, þ.e. þegar búast má við stöðugri eða langvarandi viðveru almennings, er eðlilegt að viðhafa ströng varúðarsjónarmið varðandi rafsegulsvið. Slíkar aðstæður eru ekki til staðar fyrir háspennulínur á Íslandi og þar gildir byggingarbann undir línunum. Breidd helgunarsvæðis IS3&4 er um 100 m og á því ríkir byggingarbann.

2.5 Rafsegulsvið frá jarðstrengjum

Háspennt jarðstrengslögn er byggð upp af þremur einleiðarastrengjum sem lagðir eru saman í skurð og mynda þriggja fasa línu. Umhverfis jarðstreng er ekkert rafsvið heldur er það einungis milli leiðara strengsins og skerms hans og nær því ekki út fyrir strenginn. Segulsvið fyrir ofan strenglögn ræðst af nokkrum þáttum öðrum en rafstraumi í leiðurunum, m.a. dýpi niður á streng, fjarlægð milli einleiðara-strengjanna og eiginleikum jarðvegs. Segulsvið jarðstrengs er hærra en frá loftlínu beint yfir honum en lækkar hratt út frá honum.

Styrkur segulsviðs jarðstrengs er mjög háður fjarlægð á milli leiðara. Minnsta segulsvið er þegar strengir eru lagðir í þríhyrningsuppröðun eða lagðir þétt saman hlið við hlið. Meira segulsvið kemur frá strengjunum eftir því sem bilið er lengra á milli fasa. Ef um þunga strengi er að ræða getur verið hagkvæmast að leggja einleiðarana hlið við hlið í skurð. En fjarlægðin á milli leiðara hefur líka áhrif á flutningsgetuna, t.d. ef strengirnir eru lagðir með 0,2 m millibili er flutningsgetan um 14% hærri en ef þeir liggja þétt saman, um 21% hærri ef millibilið er 0,3 m og um 30% hærri ef það er 0,5 m. Því þarf að veða og meta hvaða uppröðun strengja er hagstæðust frá umhverfis- og kostnaðarsjónarmiði.

2.6 Túlkun á kröfum

Til samræmis við reglugerð númer 1290 frá 2015 verður hér miðað við að uppfylla gildandi tilmæli ICNIRP frá 2010, það er að styrkur rafsviðs fari ekki yfir 5 kV/m og styrkur segulsvið fari ekki yfir 200 μ T, bæði innan og utan línugötunnar. Leiðarahitinn ræður sigi leiðarans og þar með hæð hans yfir jörðu í lægst punkti, en þar er rafsegulsvið í 1 m hæð yfir jörðu sterkast eins og fram hefur komið.

3 HLJÓÐ

3.1 Almennt

Hljóð af rafrænum uppruna eru vart merkjanleg á lægri spennum en koma fram þegar spenna hækkar.

Í töflu III í viðauka við reglugerð (724/2008) um hávaða frá atvinnustarfsemi [6], en telja má að flutningur raforku falli í þann flokk, eru sett fram viðmiðunarmörk fyrir mesta hljóðstig utan við glugga húsnæðis. Viðmiðunarmörkin koma fram í töflu 5 hér að neðan.

TAFLA 5 Viðmiðunarmörk fyrir hávaða frá atvinnustarfsemi (Reglugerð um hávaða, B nr. 724 2008)

Tegund húsnæðis	Mörk fyrir atvinnustarfsemi			
	Mesta hljóðstig við húsvegg	Virka daga (07-19)	Kvöld og helgidaga (19-23)	Nótt (23-07)
		$L_{Aeq}(07-19)$	$L_{Aeq}(19-23)$	$L_{Aeq}(23-07)$
Íbúðarhúsnæði á íbúðarsvæðum	dB(A)	50	45	40
Íbúðarhúsnæði á verslunar- þjónustu- og miðsvæðum	dB(A)	55	55	40
Dvalarrými á þjónustustofnunum þar sem sjúklingar eða vistmenn dvelja í lengri tíma	dB(A)	60*	50*	50*
Iðnaðarsvæði og athafnasvæði	dB(A)	70	70	70
Frístundabyggð	dB(A)	35	35	35
Leik- og grunnskólar	dB(A)	50*		

* Hávaði utan við húsvegg má vera meiri ef tryggð er bein aðfærsla útilofts um hljóðgildrur

Hávaðamörk í reglugerðinni miðast við jafngildishljóðstig, þ.e. hljóðstig sem samsvarar sömu hljóðorku yfir mælitímann og hinn raunverulegi breytilegi hávaði. Í þeim tilvikum sem hávaði er breytilegur er jafngildishljóðstig lægra en hámarkshljóðstig, hversu mikið lægra er ekki hægt að gefa nein algild svör um. Hljóðstigið er mælikvarði á hljóðstyrk, oftast mælt í desibelum með svonefndri A-síu sem líkir eftir næmi eyrans. Hljóðstigið er þá táknað L_A og mælieiningin er dB(A).

$L_{Aeq}(T)$ stendur fyrir jafngildishljóðstig, mælt yfir tímabil T (t.d. $T=24$ stundir eða $T=$ frá kl. 07 til kl. 19). Vegið meðaltalshljóðstig táknað L_{Aeq} er jafngildishljóðstigið nema þegar hljóðið inniheldur ríkjandi tón eða högghljóð, en þá bætast 5 dB við mæligildið. Jafngildishljóðstig er ákveðið meðaltalshljóðstig, sem samsvarar sömu hljóðorku yfir ákveðið tímabil og raunverulegur breytilegur hávaði.

3.2 Vindgnauð

Vindgnauð getur myndast við ákveðnar aðstæður, þ.e. vindhraða og stefnu, þegar vindurinn blæs í gegnum stálturna, um leiðara og einangraskálar. Hávaði af þessum orsökum er ekki háður spennu eða straum í leiðurum línunnar.

Reiknað er með að leiðarar IS3 og 4 verði með hringlaga þversniði sem eru minna útsett fyrir vindgnaði en önnur þversnið og ekki búist við eintóna hljóð frá þeim.

3.3 Hávaði af rafrænum uppruna

Hávaði af rafrænum uppruna frá loftlínunum á hárri spennu myndast vegna blikis (kórónu) á yfirborði leiðara. Um er að ræða úrhleðslur sem verða vegna hás styrks rafsviðs á yfirborði leiðaranna. Þessar úrhleðslur eru mestar þegar rafsvið aflagast á yfirborði leiðaranna, t.d. vegna regndropa. Þessi hávaði er því mestur í rigningu en minnstur í þurru veðri. Vegna þess að hávaði í sjálfri rigningunni er mikill er almennt miðað við hávaða við blautan leiðara, t.d. þegar rigning hættir en vatnsdropar loða enn við leiðarana og bjaga rafsviðið á yfirborði þeirra.

Hávaðinn getur verið tvenns konar, annars vegar brak og brestir (breiðbands) og hins vegar lágtíðni tónn með tvöfaldri grunntíðni, þ.e. 100 Hz. Fyrirnefndi hávaðinn er yfirgnæfandi.

Þar sem raforkumannvirki eru í rekstri allan sólarhringinn þarf að miða við næturgildi, þ.e. 40 dB á íbúðarsvæðum og 35 dB við frístundabyggð. Mörk við iðnaðar- og athafnasvæði eru það há að þau eru langt yfir því sem búast má við frá línunum. Hávaði frá raforkumannvirkjunum er því almennt skoðaður miðað við íbúðar- og frístundabyggð. Hávaðinn eða hljóðstigið er reiknað út miðað við næmnikúrvu mannseyrans og eru mörk heyrnar við 0 dB.

Hávaði af rafrænum uppruna frá háspennulínu er með þeim hætti að hann er mjög háður veðri eins og áður sagði og því ekki hægt að áætla jafngildishljóðstig. Hávaði í góðu veðri er lítill og því hafa rannsóknir beinst nær eingöngu að því að finna útreikningsaðferðir fyrir hávaða af völdum blikis í rigningu.

Hávaði í snjókomu fer eftir hve blautur snjórinn er; hann er svipaður og í rigningu ef um er að ræða blautan snjó en mun minni ef snjór er þurr.

Hávaði af völdum blikis í góðu veðri hefur ekki verið rannsakaður jafn mikið og hávaði í slæmu veðri, en til eru aðferðir til að áætla hann út frá útreiknuðum hávaða í mikilli rigningu og ýmsum þáttum í gerð línunnar.

Leiðarar háspennulína eru lengst frá jörðu í upphengipunktum við möstur en næst jörðu á miðju hafi sé miðað við slétt land. Lítill munur er á hávaðanum frá línunni hvort sem miðað er við hæð við möstur, meðalhæð eða minnstu hæð. Í útreikningum á hávaða hér á eftir verður miðað við minnstu hæð.

Eftir því sem leiðarar eru nær hver öðrum þeim mun hærri spennustigull verður á yfirborði þeirra sem veldur meira bliki sem leiðir til meiri hávaða. Fasabil 220 kV lína Landsnets er meira en sambærilegra lína á Norðurlöndum vegna meira vindálags og því er spennustigull á yfirborði leiðara lægri. Það leiðir til þess að og 220 kV línur Landsnets eru hljóðlátari en sambærilegar línur á öðrum Norðurlöndum.

Hávaði frá háspennulínunum sem myndast vegna blikis á yfirborði leiðara er ekki samfasa, þ.e. „incoherent“, og því leggst hljóðstig frá hverri línu ekki saman með einföldum hætti, heldur á eftirfarandi hátt (sýnt fyrir N hljóðgjafa);

$$L_{A_samals} = 10 * \text{Log}(10^{L_{A1}/10} + 10^{L_{A2}/10} + .. + 10^{L_{An}/10} + ... + 10^{L_{AN}/10})$$

L_{An} er hljóðstig í ákveðnum punkti frá hljóðgjafa n

Ef um er að ræða tvo hljóðgjafa og hljóðstigið frá hvorum hljóðgjafa fyrir sig er það sama, þá verður hljóðstigið 3 dB(A) hærra þegar þeir leggjast saman en frá einum hljóðgjafa.

Eins og áður hefur komið fram miðast reglugerð um hávaða við jafngildishljóðstig sem ekki er einfalt að áætla fyrir háspennulínur. Ströngustu gildin sem samkvæmt reglugerðinni þarf að uppfylla eru við frístundabyggð, 35 dB(A). Þar sem hávaði frá loftlínu í mikilli rigningu drukknar væntanlega í rigningarhávaðanum er eðlilegast að byggja annars vegar á hljóðstiginu við blautan leiðara ($L_A-50\%$) og hins vegar hljóðstiginu í góðu veðri þegar metin eru áhrif af hávaða frá línunni. Slíkt er t.d. gert við umhverfismat sambærilegra lína í Danmörku. Í sumum löndum er veginn saman hávaði við mismunandi skilyrði og ræður veðurfarssaga á hverjum stað hvaða vægi hver þáttur fær.

Taka skal fram að í þessari greiningu verður einungis reiknað hljóð frá leiðurum. Útreikningar á hljóði vegna blikis á einöngnum og tengibúnaði eru flóknir og tímafrekir og krefjast að auki ítarlegra upplýsinga um viðkomandi búnað sem ekki liggja fyrir á þessu stigi. Vísað er til hljóðmælinga sem fram fóru í lok árs 2022 á 220 kV Hólasandslínu 3 [10] þar sem hljóðstig mældist allt að 10 dB(A) hærra næst línu við mastur en á miðju hafi, en lækkaði hratt frá línunni og var orðið það sama og frá leiðurum 30-50 m frá línunni þar sem helgunarsvæði línu endar að jafnaði.

4 FORSENDUR ÚTREIKNINGA

4.1 Almennt

Útreikningar eru gerðir fyrir þær aðstæður þar sem línurnar eru næst jörðu miðað við slétt land.

Miðað var við þá uppröðun lína sem fram kemur á myndum 2, 3 og 4.

Málgildi flutningslínanna sem koma við sögu í útreikningunum eru sýnd í töflu 6.

TAFLA 6 Málgildi flutningslínanna

FLUTNINGSLÍNA	REKSTRARSPENNA [kV]	FLUTNINGSGETA [MVA]	HÁMARKSÁLAG [A]
Ísallína 4 (IS4)	220	500	1312
Ísallína 3 (IS3) sem loftlína	220	500	1312
Ísallína 3 (IS3) sem jarðstrengur	220	420	1102
Suðurnesjalína 1 (SN1)	132	153	669
Suðurnesjalína 2 (SN2)	220	360	945

Forsendur fyrir IS3 og IS4 loftlínurnar sem miðað var við í útreikningum koma fram í töflu 7.

TAFLA 7 Forsendur IS3&4 loftlína sem miðað var við í útreikningum hér

FLUTNINGSLÍNA	STÖGUÐ STÁL RÖRAMÖSTUR	EINPÓLA MÖSTUR
Gerð fasaleiðara	1 x 911-AL3	1 x 911-AL3
Gerð jarðvírs	183-ST4A	183-ST4A
Hönnunarhitastig leiðara	50°C	50°C
Lægsta hæð fasaleiðara á hafi í útreikningum *	7,2 m	7,9 m
Hæð fasaleiðara við mastur (upphengipunktur)	18 m	18/22/26 m
Lárétt bil á milli fasaleiðara	10 m	8 m
Lóðrétt bil á milli fasaleiðara	0 m	4 m

* Lægsta hæð leiðara miðar við umhverfshita 10°C, vindstyrk í hæð leiðara 2,0 m/s, vindstefnu hornrétt á leiðara, sólargeislun 300 W/m² og varmageislunareiginleika leiðara 0,5 [11]

Forsendur fyrir SN2, SN1 og IS3 jarðstrengina sem miðað var við í útreikningum koma fram í töflu 8. Vegna kröfu um mikla flutningsgetu var miðað við að einleiðarar 220 kV strengjanna væru lagðir í flata uppröðun, sem eykur flutningsgetu þeirra en eykur jafnframt segulsviðið frá þeim. Hins vegar er miðað við að 132 kV SN1 verði lögð í príhyrningsuppröðun, sem er algengast fyrir jarðstrengi á lægri spennu en 220 kV. Taka skal fram að tegund jarðstrengjanna og varmaviðnám jarðvegs og strengsands skiptir ekki máli þegar segulsvið á í hlut, einungis straumurinn í leiðaranum og staðsetning leiðarans.

TAFLA 8 Forsendur SN2, SN1 og IS3 jarðstrengjanna sem miðað var við í útreikningum

	SN2	SN1	IS3
Rekstrarspenna	220 kV	132 kV	220 kV
Dýpi niður að strengi	1,0 m	1,0 m	1,0 m
Lagningarfyrirkomulag	flöt uppröðun	þríhyrnings uppröðun	flöt uppröðun
Fjarlægð á milli einleiðarastrengja	30 cm	0 cm	30 cm
Staðsetning miðjufasa miðað við miðju línugötu, Valkostur 1 - stöguð stálröramöstur	-5,5 m	5,5 m	-
Staðsetning miðjufasa miðað við miðju línugötu, Valkostur 2 - einpóla möstur	27,0 m	35,0 m	-
Staðsetning miðjufasa miðað við miðju línugötu, Valkostur 3 - IS3 sem jarðstrengur	19,0 m	27,0 m	35,0 m

Öll gildi voru samkvæmt venju reiknuð út fyrir 1 m hæð yfir jörðu, eins og lýst er í kafla 2.3.

4.2 Rafsegulsvið

Rafsegulsvið loftlínanna var reiknað út með forriti sem EFLA hefur komið sér upp. Útreikningar á rafsegulsviði þegar IS3 er loftlína eins og IS4 miða við sömu fasaröð á línunum.

Segulsvið jarðstrengjanna var reiknað út með forritinu CYMCAP. Segulsvið loftlínanna og jarðstrengjanna voru reiknuð út í sitt hvoru lagi og lögð saman. Niðurstaðan verður hærra segulsvið en ef allt hefði verið reiknað út í einu lagi þar sem segulsvið línanna og strengjanna eyða hvoru öðru að einhverju leyti, en það ætti ekki að vera verulegt þegar fjarlægðin á milli er orðið eins mikil og hér er.

4.3 Hljóð

Reiknaðar voru stærðir fyrir línurnar þar sem tekið var tillit til næmnikúrvu mannseyrans, en til samanburðar er einnig sýnt áætlað hljóðstig í góðu (þurru) veðri;

L_A-5 : Hljóðstig í mjög mikilli rigningu ("heavy rain"). Áætlað er að hljóðstigið geti einungis verið hærra 5% tímans, þ.e. tímans sem veður er slæmt.

L_A-50 : Hljóðstig þegar yfirborð leiðarans er rakt ("wet conductor"). Áætlað er að hljóðstigið geti verið hærra 50% tímans í slæmu veðri (rigningu).

L_A-75 : Hljóðstig þegar yfirborð leiðarans er þurrt ("dry conductor"). Almennt er að hljóðstigið hafi lítil sem engin áhrif.

Enginn hávaði myndast í jarðstrengjum.

5 NIÐURSTÖÐUR RAFSEGULSVIÐSÚTREIKNINGA

Eins og fram kemur í kafla 1.4 er rafsvið jarðstrengja alfarið innan þeirra. Rafsvið frá flutningslínunum í 1 m hæð í línugötunni er því alfarið frá loftlínunum.

Segulsvið nær hins vegar út fyrir jarðstrengi og þarf að bæta við segulsviðið frá loftlínunum þar sem jarðstrengir og loftlínur liggja samhliða.

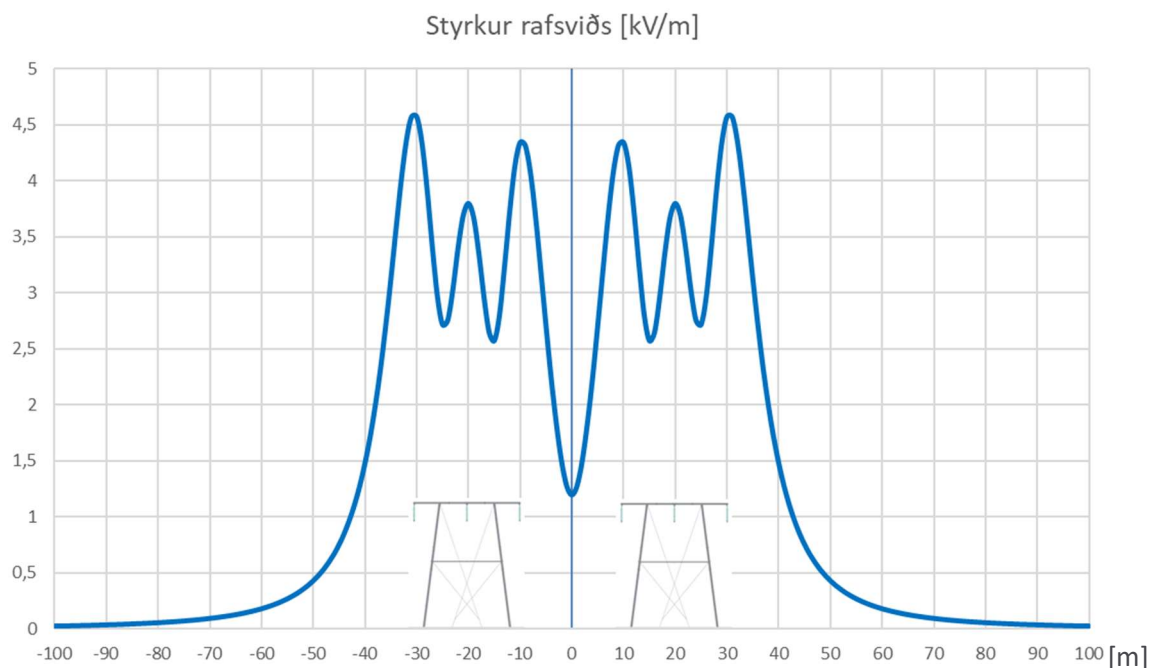
Rafsegulsviðið var reiknað út fyrir minnstu hæð leiðara yfir jörðu sem kemur fram í töflu 7.

Rafsegulsviðið er ekki eins báðu megin loftlínanna á einpóla möstrum þar sem þær eru ekki samhverfar, það verður hærra þeim megin sem tveir leiðarar eru.

5.1 Valkostur 1 - Stöguð stálröramöstur

5.1.1 Rafsvið

Niðurstöður útreikninga á rafsviði í línugötunni fyrir stöguð stálröramöstur eru sýndar á mynd 5.



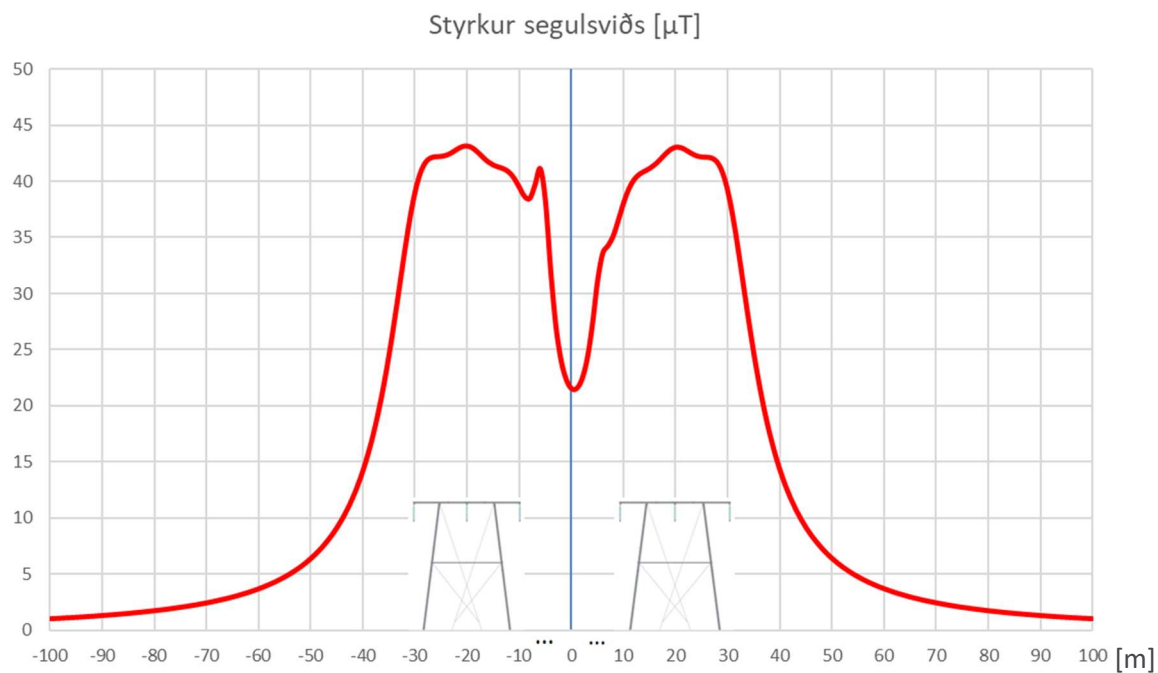
MYND 5 Þversnið útreiknaðs rafsviðs í línugötunni, Valkostur 1 - stöguð stálröramöstur

Hámarksgildi rafsviðsins er 4,6 kV/m sem er undir þeim 5 kV/m sem tilgreind eru sem hámark af ICNIRP og Evrópuráðinu, samanber töflu 4. Við jaðar helgunarsvæðis línanna (50 m frá miðlínu) er styrkur rafsviðsins kominn niður í 0,43 kV/m.

Eins og sagði í kafla 1.4 nær rafsvið jarðstrengja ekki út fyrir þá. Því er rafsviðið í línugötunni það sama á kaflanum frá Hamranesi að Hraunhelli þar sem SN1 og SN2 jarðstrengirnir liggja með IS3 og IS4 og á kaflanum á milli Hraunhelli og álversins þar sem engir jarðstrengir eru.

5.1.2 Segulsvið á kaflanum frá Hamranesi að Hraunhelli

Niðurstöður útreikninga á hámarks segulsviði í línugötunni fyrir stöguð stálröramöstur á kaflanum á milli Hamraness og Hraunhelli eru sýndar á mynd 6.



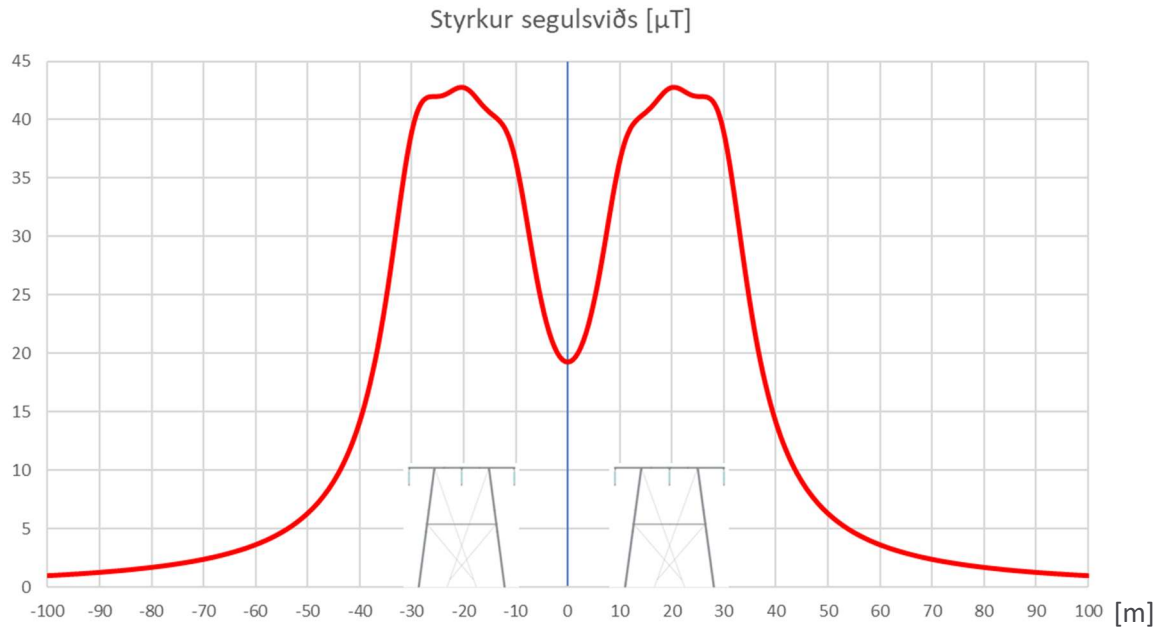
MYND 6 Hámark útreiknaðs segulsviðs í línugötunni á milli Hamraness og Hraunhelli, Valkostur 1 - stöguð stálröramöstur

Hámarksgildi segulsviðsins er 43 μT sem er vel undir þeim 200 μT sem tilgreind eru sem hámark af ICNIRP, samanber töflu 4. Við þaðar helgunarsvæðis línanna (50 m frá miðlínu) er styrkur segulsviðsins kominn niður í 6,5 μT .

5.1.3 Segulsvið á kaflanum frá Hraunhelli að álverinu.

Niðurstöður útreikninga á hámarks segulsviði í línugötunni fyrir stöguð stálröramöstur á kaflanum á milli Hraunhelli og álversins eru sýndar á mynd 7.

Hámarksgildi segulsviðsins er 43 μT sem er vel undir þeim 200 μT sem tilgreind eru sem hámark af ICNIRP, samanber töflu 4. Við þaðar helgunarsvæðis línanna (50 m frá miðlínu) er styrkur segulsviðsins kominn niður í 6,5 μT .

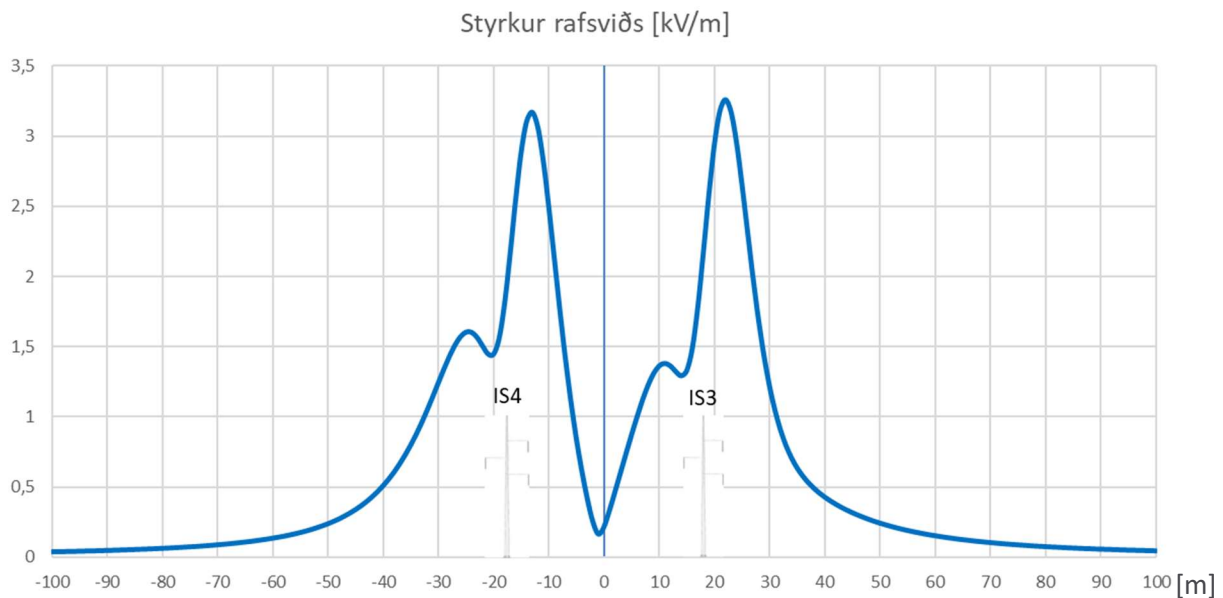


MYND 7 Hámark útreiknaðs segulsviðs í línugötunni á milli Hraunhelli og álversins, Valkostur 1 - stöguð stálröramöstur

5.2 Valkostur 2 - Eimpóla möstur

5.2.1 Rafsvið

Niðurstöður útreikninga á rafsviði í línugötunni fyrir eimpóla möstur eru sýndar á mynd 8.



MYND 8 Þversnið útreiknaðs rafsviðs í línugötunni, Valkostur 2 - eimpóla möstur

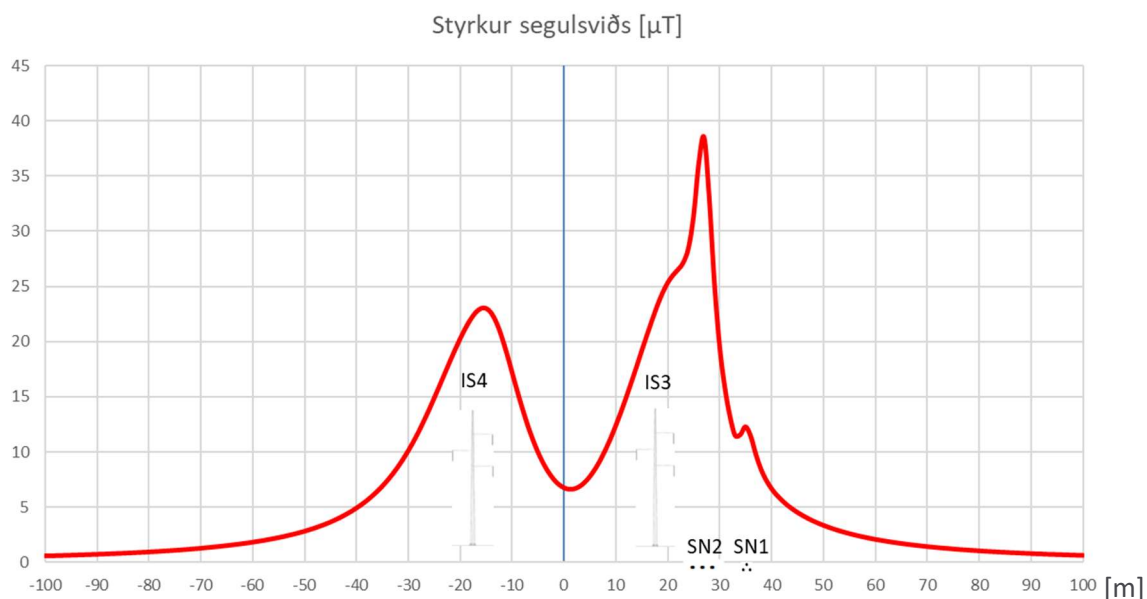
Hámarksgildi rafsviðsins er 3,3 kV/m sem er undir þeim 5 kV/m sem tilgreind eru sem hámark af ICNIRP og Evrópuráðinu, samanber töflu 4. Við það jaðar helgunarsvæðis línanna (50 m frá miðlínu) er styrkur rafsviðsins kominn niður í 0,24 kV/m.

Eins og sagði í kafla 1.4 nær rafsvið jarðstrengja ekki út fyrir þá. Því er rafsviðið í línugötunni það sama á kaflanum frá Hamranesi að Hraunhelli þar sem SN1 og SN2 jarðstrengirnir liggja með IS3 og IS4 og á kaflanum á milli Hraunhelli og álversins þar sem engir jarðstrengir eru.

5.2.2 Segulsvið á kaflanum frá Hamranesi að Hraunhelli

Niðurstöður útreikninga á hámarks segulsviði í línugötunni fyrir einpóla möstur á kaflanum á milli Hamraness og Hraunhelli eru sýndar á mynd 9.

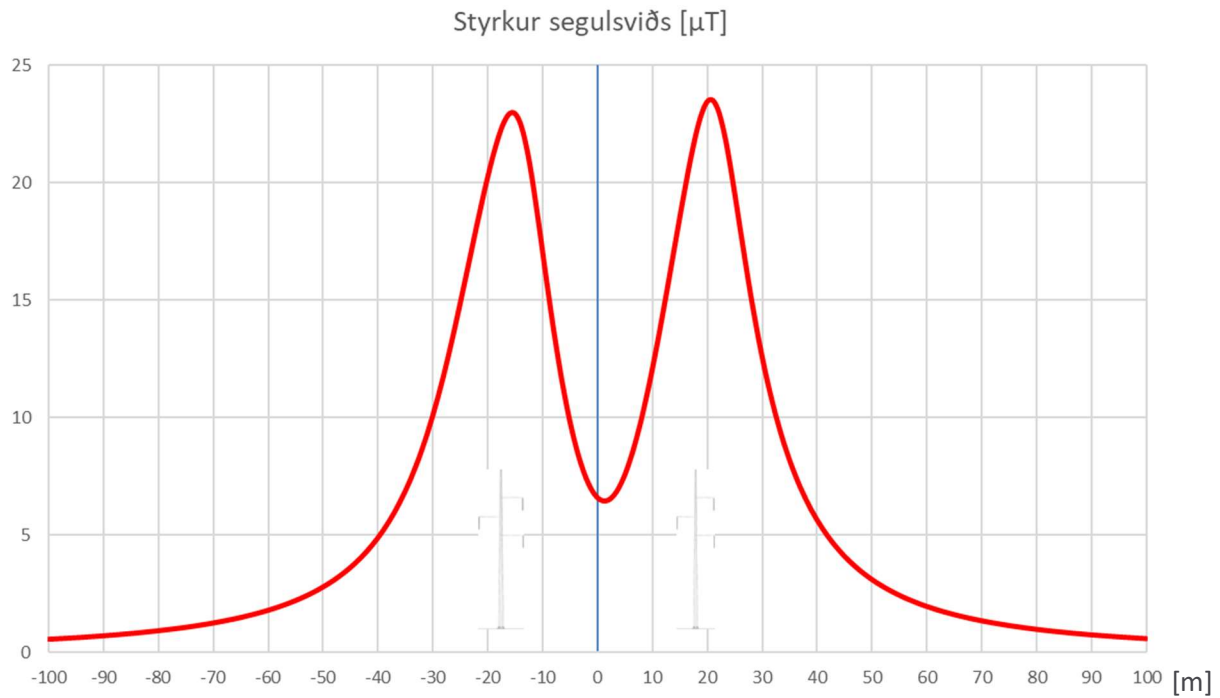
Hámarksgildi segulsviðsins er 39 μT sem er vel undir þeim 200 μT sem tilgreind eru sem hámark af ICNIRP, samanber töflu 4. Við jaðar helgunarsvæðis línanna (50 m frá miðlínu) er styrkur segulsviðsins kominn niður í 3,4 μT .



MYND 9 Hámark útreiknaðs segulsviðs í línugötunni á milli Hamraness og Hraunhelli, Valkostur 2 - einpóla möstur

5.2.3 Segulsvið á kaflanum frá Hraunhelli að álverinu

Niðurstöður útreikninga á hámarks segulsviði í línugötunni fyrir einpóla möstur á kaflanum á milli Hraunhelli og álversins eru sýndar á mynd 10.



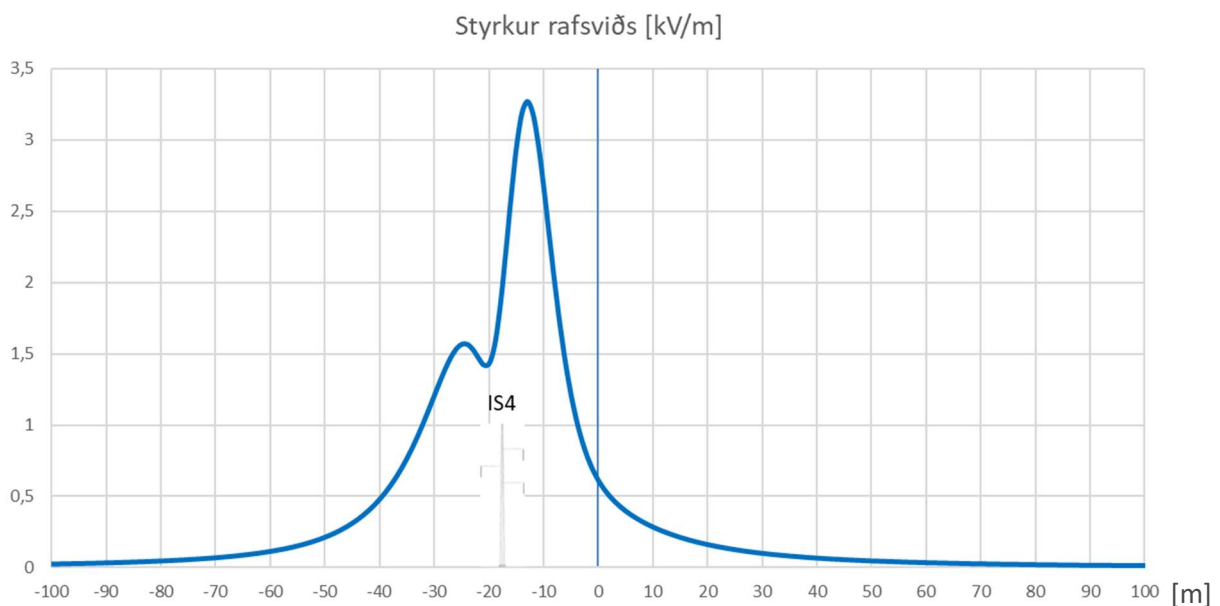
MYND 10 Hámark útreiknaðs segulsviðs í línugötunni á milli Hraunhelli og álversins, Valkostur 2 - einpóla möstur

Hámarksgildi segulsviðsins er $24 \mu\text{T}$ sem er vel undir þeim $200 \mu\text{T}$ sem tilgreind eru sem hámark af ICNIRP, samanber töflu 4. Við jaðar helgunarsvæðis línanna (50 m frá miðlínu) er styrkur segulsviðsins kominn niður í $3,1 \mu\text{T}$.

5.3 Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur

5.3.1 Rafsvið

Niðurstöður útreikninga á rafsviði í línugötunni með IS3 sem jarðstreng eru sýndar á mynd 11.



MYND 11 Þversnið útreiknaðs rafsviðs í línugötunni, Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur

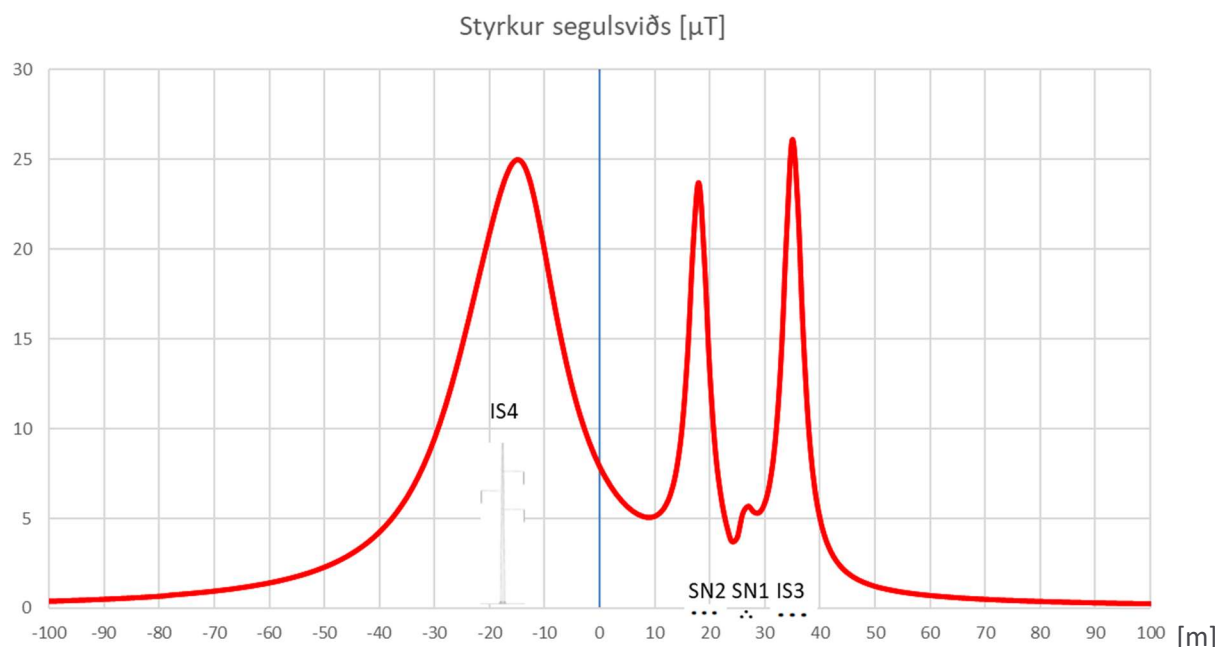
Hámarksgildi rafsviðsins er 3,3 kV/m sem er undir þeim 5 kV/m sem tilgreind eru sem hámark af ICNIRP og Evrópuráðinu, samanber töflu 4. Við jaðar helgunarsvæðis línanna (50 m frá miðlínu) er styrkur rafsviðsins kominn niður í 0,23 kV/m.

Eins og sagði í kafla 1.4 nær rafsvið jarðstrengja ekki út fyrir þá. Því er rafsviðið í línugötunni það sama á kaflanum frá Hamranesi að Hraunhelli þar sem SN2, SN1 og IS3 jarðstrengirnir liggja með IS4 og á kaflanum á milli Hraunhelli og álversins þar sem einungis IS3 jarðstrengurinn liggur með IS4 loftlínunni.

5.3.2 Segulsvið á kaflanum frá Hamranesi að Hraunhelli

Niðurstöður útreikninga á hámarks segulsviði í línugötunni á kaflanum á milli Hamraness og Hraunhelli með IS3 sem jarðstreng eru sýndar á mynd 12.

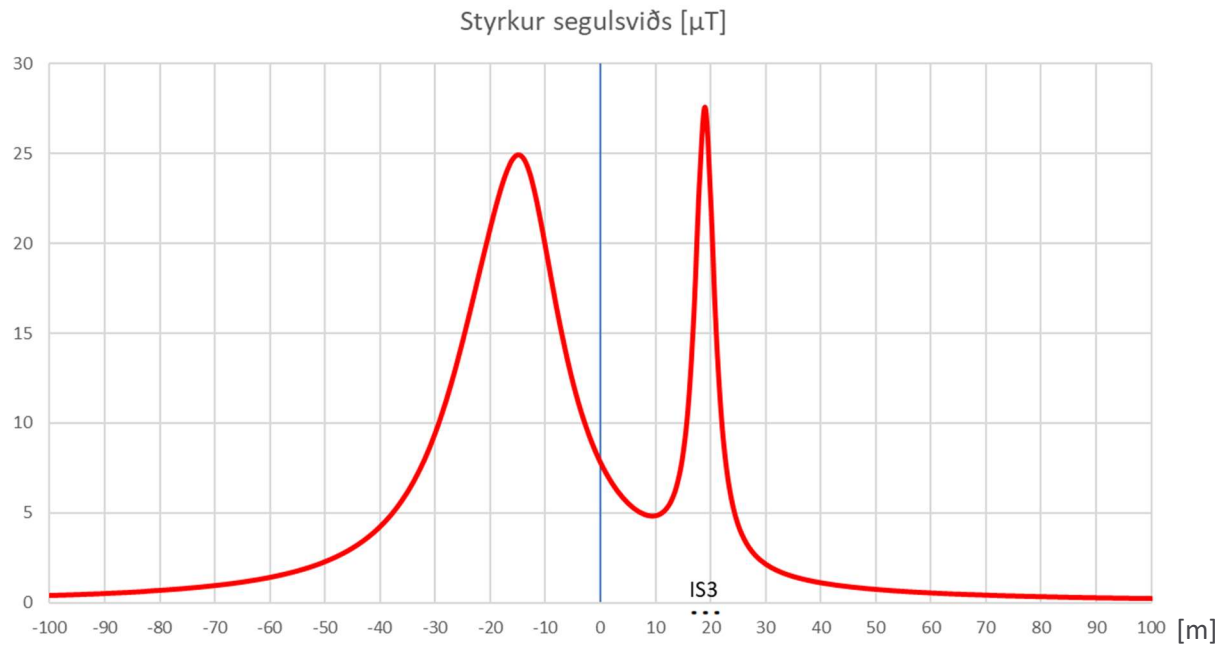
Hámarksgildi segulsviðsins er 26 μT sem er vel undir þeim 200 μT sem tilgreind eru sem hámark af ICNIRP, samanber töflu 4. Við jaðar helgunarsvæðis línanna (50 m frá miðlínu) er styrkur segulsviðsins kominn niður í 2,4 μT .



MYND 12 Hámark útreiknaðs segulsviðs í línugötunni á milli Hamraness og Hraunhelli, Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur

5.3.3 Segulsvið á kaflanum frá Hraunhelli að álverinu

Niðurstöður útreikninga á hámarks segulsviði í línugötunni á kaflanum á milli Hraunhelli og álversins með IS3 sem jarðstreng eru sýndar á mynd 13.



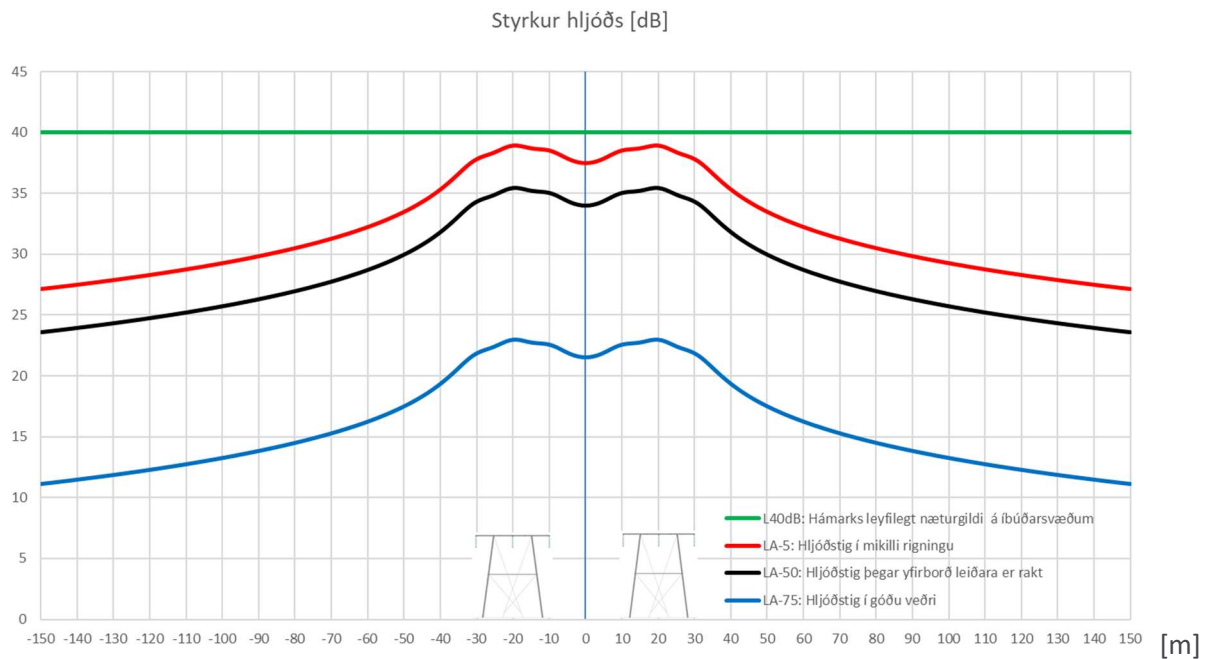
MYND 13 Hámark útreiknaðs segulsviðs í línugötunni á milli Hraunhelli og álversins, Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur

Hámarksgildi segulsviðsins er 28 μT sem er vel undir þeim 200 μT sem tilgreind eru sem hámark af ICNIRP, samanber töflu 4. Við jaðar helgunarsvæðis línanna (50 m frá miðlínu) er styrkur segulsviðsins kominn niður í 2,4 μT .

6 NIÐURSTÖÐUR HLJÓÐÚTREIKNINGA

6.1 Valkostur 1 - Stöguð stálröramöstur

Á mynd 14 má sjá útreiknaðan hávaða í línugötunni fyrir stöguð stálröramöstur. Á myndinni eru einnig sýnd 40 dB(A) mörkin sem gilda við húsvegg í íbúðabyggð, samanber töflu 5.



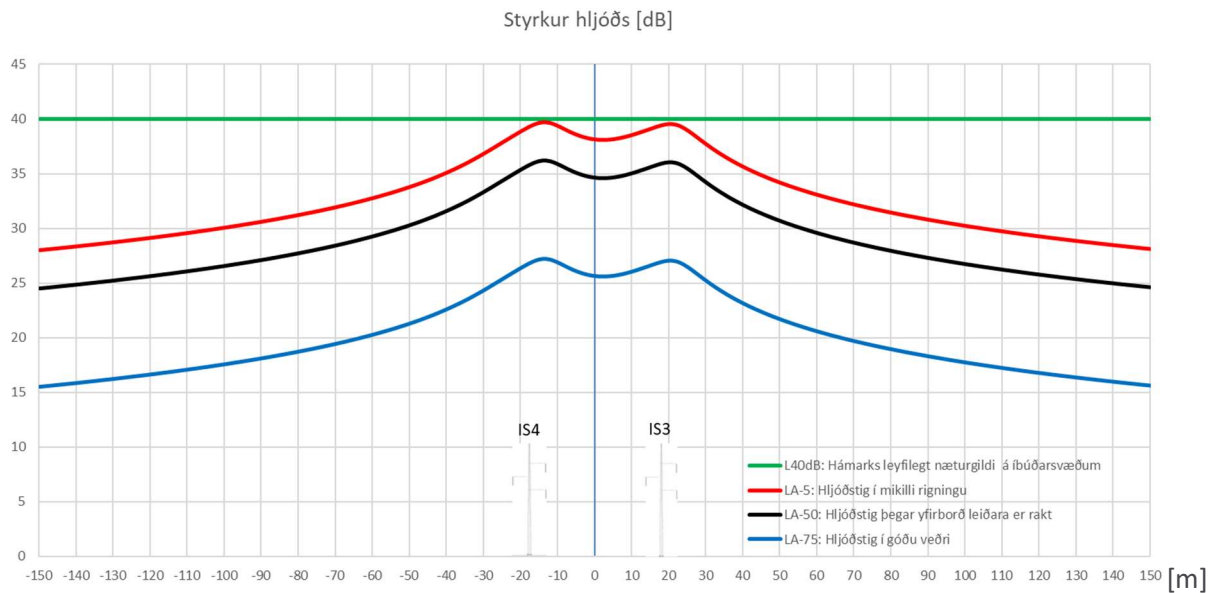
MYND 14 Útreiknaður hávaði í línugötunni, Valkostur 1- stöguð stálröramöstur

Hæsta útreiknaða gildi fyrir blautan leiðara er 35 dB(A) sem er lægra en þau 40 dB(A) sem leyfileg eru að næturlagi við íbúabyggð.

6.2 Valkostur 2 - Einpóla möstur

Á mynd 15 má sjá útreiknaðan hávaða í línugötunni fyrir einpóla möstur. Á myndinni eru einnig sýnd 40 dB(A) mörkin sem gilda við húsvegg í íbúðabyggð, samanber töflu 5.

Hæsta útreiknaða gildi fyrir blautan leiðara 36 dB(A) sem er lægra en þau 40 dB(A) sem leyfileg eru að næturlagi við íbúabyggð.

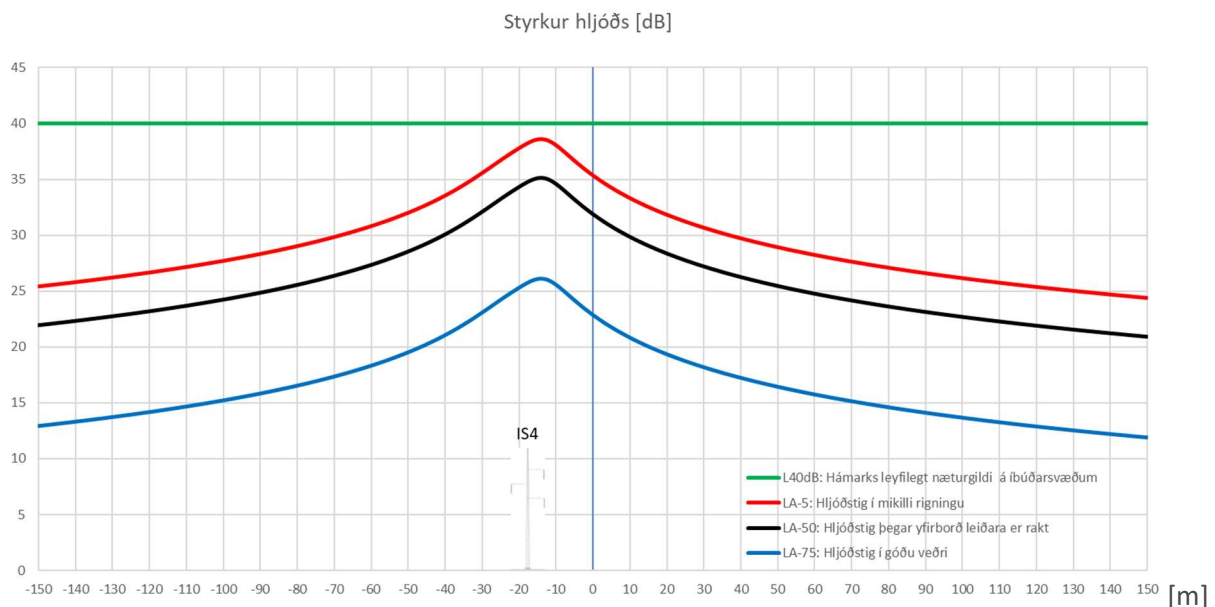


MYND 15 Útreiknaður hávaði í línugötunni, Valkostur 2 - einpóla möstur

6.3 Valkostur 3 - IS3 sem jarðstrengur

Á mynd 16 má sjá útreiknaðan hávaða í línugötunni þegar IS3 er jarðstrengur. Á myndinni eru einnig sýnd 40 dB(A) mörkin sem gilda við húsvegg í íbúðabyggð, samanber töflu 5.

Hæsta útreiknaða gildi fyrir blautan leiðara 35 dB(A) sem er lægra en þau 40 dB(A) sem leyfileg eru að næturlagi við íbúabyggð.



MYND 16 Útreiknaður hávaði í línugötunni, Valkostur 3 - IS3 sem jarðstrengur

6.4 Við Hamranes

IS3 og IS4 liggja í gegnum iðnaðarsvæði og koma ekki nálægt íbúabyggð eða útivistarsvæði nema næst tengivirkinu Hamranesi.

Mynd 17 er úr viðauka G í matsskýrslu Suðurnesjalínu 2 [7] og sýnir útreiknaðan hávaða í grennd við tengivirkið Hamranesi eins og hann er í dag. Tengivirkið er sýnt með gulum ramma lengst til hægri á myndinni og lega núverandi Ísallína 1 og 2 (IS1 og IS2) er sýnd með grænu striki til vinstri og upp út frá tengivirkinu. Þar sem IS3 og IS4 sem leysa munu IS1 og IS2 af hólmi munu liggja lengra frá íbúabyggðinni eftir fyrstu tæplega 200 m frá tengivirkinu er ljóst að hávaðinn frá línunum í íbúabyggðinni verður minni þegar þær eru komnar og IS1 og IS2 farnar en hann er í dag, sérstaklega ef IS3 verður lögð sem jarðstrengur. Einnig verða IS3 og IS4 loftlínurnar með sverari leiðara en IS1 og IS2 sem veldur því að styrkur rafsviðsins verður minni á yfirborði leiðaranna sem leiðir til minna blíks sem aftur leiðir til þess að minni hávaði myndast í bleytu.



MYND 17 Hávaði í grennd við tengivirkið Hamranesi í dag

7 NIÐURSTÖÐUR

Samanburður hæstu útreiknuðu gilda í köflum 5 og 6 fyrir rafsegulsvið og hljóð er sýndur í töflu 9.

TAFLA 9 Samanburður hæstu útreiknuðu gilda fyrir valkostina þrjá

	Hæsta útreiknaða Rafsvið	Hæsta útreiknaða segulsvið Hamranes- Hraunhella	Hæsta útreiknaða segulsvið Hraunhella-álverið	Hæsta útreiknaða hljóð
Valkostur 1 – Stöguð stálröramöstur	4,6 kV	43 μ T	43 μ T	35 dB(A)
Valkostur 2 – Einpóla möstur	3,3 kV	39 μ T	24 μ T	36 dB(A)
Valkostur 3 – IS3 sem jarðstrengur	3,3 kV	26 μ T	28 μ T	35 dB(A)

Niðurstöður sýna að rafsviðið í allri línugötunni er innan þeirra 5 kV/m marka sem leyfileg eru. Þegar reiknað er með minnstu hæð leiðara yfir jörðu er hæsta útreiknaða gildi 4,6 kV/m, sem er þegar IS3 og IS4 eru á stöguðum stálröramöstrum.

Niðurstöður sýna einnig að segulsviðið í allri línugötunni er vel innan þeirra 200 μ T marka sem leyfileg eru. Þegar reiknað er með minnstu hæð leiðara yfir jörðu og mesta mögulega straum er hæsta útreiknaða gildið 43 μ T sem er þegar IS3 og IS4 eru á stöguðum stálröramöstrum.

Hæsta útreiknaða hljóð er mjög svipað fyrir valkostina þrjá, það er 35 eða 36 dB(A). IS3 og IS4 liggja í gegnum iðnaðarsvæði og hljóð af rafrænum uppruna frá þeim er langt undir viðmiðunarmörkunum 70 dB(A). Það er aðeins næst Hamranesi sem línurnar liggja í námunda við íbúabyggð, en einnig þar er hljóðið frá þeim innan marka. Hæsta útreiknaða gildi fyrir blautan leiðara er 36 dB(A) en leyfilegt gildi fyrir íbúðabyggð er 40 dB(A). Við það má bæta að IS3 og IS4 verða fjær íbúabyggðinni en IS1 og IS2 eru í dag og því viðbúið að minna heyrist í línunum frá íbúabyggðinni en nú er. Þar að auki má benda á að íbúabyggðin næst Hamranesi er í um 130 m fjarlægð frá miðlínu línugötunnar og þar er útreiknað gildi fyrir blautan leiðara komið niður í 25 dB(A).

Samkvæmt ofansögðu sýna niðurstöður útreikninga að rafsvið, segulsvið og hávaði eru innan leyfilegra marka í allri línugötunni.

HEIMILDASKRÁ

- [1] National Research Council, 1997. *Possible Health Effects of Exposures to Residential Electric and Magnetic Fields, Executive Summary.*
- [2] Alþjóða heilbrigðisstofnunin 2016. *Radiation: Electromagnetic fields.* <https://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/index1.html>. WHO, 4. ágúst 2016.
- [3] ICNIRP 1998. *ICNIRP GUIDELINES for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz).*
- [4] Evrópuráðið 1999. *Council recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0Hz to 300 GHz).* Official Journal of the European Communities, L 199/59, 1999.
- [5] ICNIRP 2010. *ICNIRP GUIDELINES for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (1 Hz – 100 kHz).*
- [6] Umhverfiráðuneytið 2008. *Reglugerð um hávaða, B nr 724 2008.*
- [7] Landsnet 2019. *Suðurnesjalína 2 - Milli Hamraness í Hafnarfirði og Rauðamels í Grindavík – Matsskýrsla – Viðauki G; Hljóðvist, rafsvið og segulsvið.* Skýrsla Landsnet - 19040.
- [8] Cigre 2020. *Power system environmenta performance - Responsible management of electric and magnetic fields (EMF).* Reference: 806.
- [9] Velferðarráðuneytið 2015. *Reglugerð um háværk geislunar starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er geislun, 1290/2015.*
- [10] EFLA 2023. *Landsnet - hljóðmælingar á háspennulínu HS3.* Minnisblað númer 102084-MIN-001-v01.
- [11] Landsnet 2023. *Raftæknilegar forsendur við hönnun loftlína.* Skjal Landsnet #2023-12-xx, drög dagsett 04.12.2023.